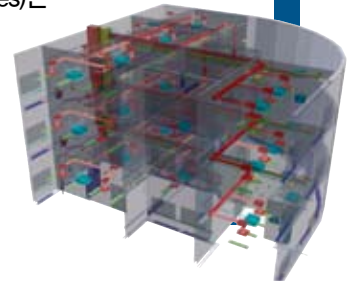


# 고효율 건물을 위한 새로운 기술 및 도구

2007년 미 에너지절약전문기업협회(NAESCO; National Association of Energy Service Companies)는 '2000년부터 2006년까지의 미 ESCO 산업 시장의 성장과 발전에 대한 조사에서 상업용 건물에서의 에너지 서비스 및 기술은 매우 큰 성장을 하였다'고 보고했다. 이 보고서를 통해 고효율 건물을 위한 새로운 기술 및 도구를 살펴본다. 저자 Dane Taival(P.E., CEM, 트레인 본사 자동 제어 및 컨트랙팅 이사)



## 1. 서론

오늘날 건물 시스템을 위한 최신 기술들이 제공되고 있다. 많은 기업들이 이러한 기술들을 활용하여 건물의 에너지 효율을 개선하고 운영비를 절감하며 높은 투자 수익율을 실현하고 있다. 에너지 효율 개선 사업에 200억 달러 이상의 신규 자금을 책정한 '2009 미 경기 부양책'은 최근 그 추진력을 얻어가고 있는데 기업들이 에너지 효율 향상에 투자해 온 것은 사실 근래의 일이 아니다.

2007년 미 에너지절약전문기업협회(NAESCO; National Association of Energy Service Companies)는 '2000년부터 2006년까지의 미 ESCO 산업 시장의 성장과 발전에 대한 조사에서 상업용 건물에서의 에너지 서비스 및 기술은 매우 큰 성장을 하였다'고 보고했다. 보고서에 의하면 2004년부터 2006년까지 미국 에너지 서비스 산업은 20%의 성장을 하였으며, 2006년 총 매출은 \$36억에 이른다. 기존 건물의 에너지 효율을 개선시키는 사업이 연간 \$25억으로 이중 4분의 3을 차지하고 있다.

보고서 내용에 따르면(로렌스 버클리 국립 연구소와 NAESCO, 공동 저자) 에너지 효율 향상을 위한 민간 부분의 투자 금액은 공익 시설 및 공공 이익을 위한 에너지 효율 프로그램에 소비된 금액에 거의 필적한다. 건물 소유주 및 관련 프로젝트 팀들이 건

물에 더 뛰어난 에너지 효율성을 추구함에 따라 냉동 공조 업계(특히 에너지 서비스 기업)는 이 요구에 부합하는 도구, 기술 및 서비스를 개발해오고 있다.

건물 전체 수명 기간에 걸쳐 최고 효율을 위한 새로운 기술들이 건물 관리의 톨, 시스템, 서비스 등에 적용되고 있다. 이러한 기술들은 건물의 설계부터, 건축, 유지 보수 단계까지 적용되어 실제 고효율 건물(High Performance Building)을 가능하게 한다. 고효율 건물은 건물 소유주에게 막대한 가치를 제공하는데, 특히 전체적인 시각으로 건물을 바라보고, 에너지 절감 솔루션이 실제로 운전 비용을 절감하고 동시에 건물 사용자들의 만족감 및 업무 생산성을 개선하는 다시 말하면 고효율 건물의 정의이기도 한 이점들을 인지할 때 더욱 그러하다.

## 2. 고효율 건물이란?

고효율 건물은 일반 건물에 비해 훨씬 뛰어난 에너지, 경제적 및 환경적 성능을 가지며 건물 사용자들이나 비즈니스에 더 부합하는 성능을 제공한다. 또한 운영비 감소와 건물 입주자들의 생산성 향상 및 자산 가치를 증대시킨다. 건물 소유주 및 관리자 협회(BOMA; Building Owners and Managers Association)는 국제적으로 이러한 고효율 건물을 BOMA360 성능 프로그램으

로 구별하는데, 이는 최상의 기준으로 운영되는 상업용 건물에 적용되는 새로운 프로그램이다. BOMA360 성능 건물들은 최고 수준으로 운영되고 유지됨을 증명한다. 뉴욕시에 위치한 미국 교사 보험 및 연금 협회(TIAA-CREF) 본사 건물이 바로 이러한 경우이다.

2008년 이 협회는 뉴욕 27층 본사 건물에 새로운 고성능 건물 시스템 및 (중앙 냉수 냉방 시스템) 빌딩 제어 시스템을 교체하면서 연간 이산화탄소의 배출량을 6백만 파운드까지 줄여 연간 에너지 사용 및 운전 비용을 70만 달러 이상 절감할 것을 목표로 하였다. 이들은 현재 이 목표를 초과하고 있다. 기존 냉방 시스템을 대체하는 고효율 장비 및 축열 시스템을 위한 초기 투자비는 20년 라이프 싸이클 수명 동안 24%의 내부 수익율(IRR)을 창출하고 있다. 뛰어난 경제성, 에너지 절감성, 사용자들의 안락함, 친환경성은 고효율 건물의 특징이다.

### 3. 설계 단계에서의 도구/에너지 모델링 및 분석

에너지 효율성은 고효율 건물의 핵심 목표이다. 초기 개념 설계에서부터 유지 관리까지 건물 수명 주기별 최고 효율이 가능하게 하는 여러 기술들이 존재한다. 빌딩 정보 모델링(BIM; Building Information Management)은 건축 업계에서 최근 많이 도입되고 있는 기술로, 컴퓨터 모델 기반 기술을 프로젝트 정보의 데이터베이스로 연결한다. BIM은 이차원 방식이 아닌, 다면 설계 방식을 적용하여 어떻게 건물이 구성되는가를 미리 입체적으로 재현하고 관련자들의 이해를 도모하여 더 나은 결과물을 도출한다. 빌딩 건축과 관련된 모든 구성원들은 서로 다른 애플리케이션과 플랫폼에 대한 데이터를 자유롭게 교환할 수 있으므로 BIM은 건축 방법 자체뿐만 아니라 관련자들의 의사 소통 방식까지 바꾸고 있다.

설비의 설치 및 운영도 BIM 기술 적용으로 개선될 수 있다. 관련된 정보들이 더 정확히 자료화되어 프로젝트의 진행 속도를 개선시키고, 추가 변경의 가능성을 미리 줄여준다. 또한 BIM은 설비 관리자에게 건물 및 설비 시스템의 운영을 위한 완벽한 자료들과 함께 더 유연한 관리 편리성을 제공한다. BIM은 생산성과 효율성을 눈에 띄게 증가시키며, 많은 이들이 이러한 모델링 방법을

통해 건물 설계 및 건축의 혁신을 이끌고 있다고 믿고 있다.

BIM 모델링 과정에서 요구되는 사양을 정확히 반영하는 대상이 만들어진다. 이 대상은 각 제품 구성에 고유한 물리적, 성능 데이터값으로 프로그램상에서 미리 구성되어 설계 시간을 단축하고, 그 정확성을 배가시킨다. 건축가들이 외부 입구, 건물 표면 및 외벽 등을 모델링하는데 있어 가장 빈번히 사용하는 프로그램이 바로 BIM이다. 설비 엔지니어나 컨트랙터들도 종종 BIM을 사용하여 배관, 공기 조화 시스템, 그리고 다른 주요 장비를 모델링 하기도 한다.

에너지 모델링과 분석도구는 건물의 에너지 소비 및 경제적 영향을 끼치는 요인들에 대한 광범위하고 정확한 분석을 제공한다. 최신 모델링과 분석 도구들은 정교한 알고리즘을 사용하여 프로젝트에서 요구하는 세밀한 사항까지 대부분 정확하게 추정이 가능하게 하고 있다. 건물 설계자 또는 에너지 엔지니어는 모델링 프로그램을 사용하여 가상의 건물 모형을 개발한다. 이 소프트웨어는 건물의 다양한 구역의 조건들과 시스템을 조사하여 우선 장비의 최대 부하 및 시스템 용량을 결정하고 건물의 에너지 소비 패턴을 시뮬레이션 한다. 이후 에너지 연료의 형태, 용도, 시스템 구성 요소 별로 어떻게 에너지가 사용되고 있는지, 전체 에너지 소비에 대한 그림을 만들어내며 이를 통해 설계자는 다양한 시스템 배치 및 형태를 평가하고 최적의 시스템 및 효율성을 선택할 수 있다.

최신 설계 및 에너지 모델링 도구는 ASHRAE(미국 냉동 공조 협회)를 비롯한 최근의 에너지 규정과 권고사항에 부합하도록 하고 있다. 최신 애플리케이션 또한 건물 수명 주기 별로 다양한 시스템 조건에 부합하는 유연성을 제공한다. 가급적 설계 단계에서 모델링을 실시하여 건물 에너지 사용에 가장 큰 영향을 미치는 효율성 전략에 우선 투자하도록 한다. 미 그린 빌딩 협회의 REED2® 그린 빌딩 인증 시스템은 '에너지 및 환경' 항목에서 인증 점수를 얻기 위해서는 에너지 모델링을 실시할 것을 요구한다. 미 에너지국(DOE)의 건물 소프트웨어 도구 디렉터리([http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory))를 보면 현재 가용한 에너지 모델링 및 분석 프로그램 목록이 나와 있다. 또한 기존건물의 에너지 벤치마킹을 위한 포트폴리오 매니저 툴도 사용할 수 있다.

#### 4. 재생 에너지 사용 및 고효율 기술

고효율 건물의 설계사들은 전력 의존성 및 환경적 영향을 줄이기 위해 재생 에너지를 사용하는 시스템을 설계 시 반영하고 있다. 이러한 기술의 이점으로는 전력 공급의 안정성 및 경우에 따라서 재생에너지 사용에 따른 정부의 인센티브를 받을 수 있는 것이다.

- **태양광/광전지 기술(Solar/photovoltaic technology):** 태양광 기술은 현재 다양한 용도에서 매우 효과적인 방법으로 태양 에너지로 전기를 만드는 청정 에너지원이다. 미에너지국 리포트에 의하면 최신 천정 장착형 태양광 기술은 기존 제품보다 훨씬 높은 경제성을 가진다. 태양광 패널을 건물에 포함시키는 것은 가장 빠르게 발전하는 태양광 산업 분야이다. 미국 국립 재생 에너지연구소(NREL; National Renewable Energy Laboratory)는 태양광 패널을 건물에 두어 미적인 면과 시스템 신뢰성을 개선하는 동시에 비용과 일반 전력 공급 누설을 줄이는 연구를 수행하고 있다.

- **지열 시스템(Geothermal System):** 지열은 청정 에너지이자 재생 에너지로 지구 내부로부터의 열을 사용한다. 지열을 이용한 기술 및 애플리케이션 발달로 지열 시스템은 가장 효율적인 솔루션 중 하나로 최근 각광받고 있다. 지열의 열 펌프시스템은 주로 건물 지하에 묻은 배관을 통해 땅속의 열을 건물의 냉난방을 위한 에너지원으로 사용한다. 겨울에는 지반의 열이 열교환기를 통해 건물 내로 이동한다. 여름에는 건물의 뜨거운 공기가 더 차가운 지면으로 열 교환기를 통해 배출됨으로써 냉방이 이루어진다. 지열은 일반적인 건물에 적용할 수 있는 효과적인 냉난방 솔루션으로 특히 충분한 면적과 배관이 있을 경우 적합하다. 최근 지열 시스템은 펌프 및 제품 설계의 개선으로 더욱 효율성이 증대되었다. 또한 많은 엔지니어와 건축업자들이 지열 시스템의 설계 및 설치 방법에 익숙해지면서 더욱 보편적이 되고 있다. 현장 설계와 제품 효율성 강화에 대한 지속적 연구로 저온 지열원으로부터의 에너지 생성이 가능해졌고 또한 다양한 지역 및 기후적 조건에서도 효과적인 운전을 할 수 있게 되었다.

- **열병합 발전(Cogeneration):** 열병합 발전 혹은 CHP 기술은 한 가지 소스에서 두 가지 형태(열과 전기)의 에너지가 생성되는

것이다. 일반적인 발전소는 초과하는 열로 상당량의 에너지를 낭비하고 있다. CHP는 이러한 과도한 열을 포착하여 전기 발전의 능력을 향상하는데 사용한다. 열병합 발전 기술은 유럽국가에서 널리 사용되어 왔고 최근 미국에서도 확대되어 에너지 절감 및 친환경 건물 용도에 적용되고 있다. 미국의 경우 일반적으로 산업용 시설에 적용되었으며 최근에는 일반 고층 건물과 대형 아파트 단지를 위한 시스템으로 확산되고 있다.

- **축열 시스템(Thermal Energy Storage; TES):** 축열 시스템도 도시 지역을 비롯한 다양한 건물 유형에서 널리 사용되고 있다. 이 시스템은 전력 소비가 낮은 밤 시간대에 얼음 또는 냉수를 만들어 피크 시간대 냉방에 사용한다. 따라서 낮 시간대 냉동기가동이 더 줄어들어 전력 수요 및 요금율이 높은 피크 시간대의 에너지 사용을 줄일 수 있다. 축열 시스템은 운영비를 절감하고 피크 냉방 부하를 비피크 시간대로 이동시켜 전력 공급상의 부하를 피할 수 있다. 축열 시스템은 총비용 개념에서 보면 더욱 비용 효과적이다. 초기 투자비는 더 높지만 전력 수요량이 낮은 비피크 시간대의 전력 단가를 적용 받기 때문에 운전 비용이 절감된다.

- **고효율 기술(Technologies for Building Performance):** 최신의 첨단 건물 자동화 시스템은 정교한 알고리즘을 사용하여 전보다 훨씬 더 많은 운영 데이터를 처리하여 그 타이밍 및 순서를 최적화시킨다. 오늘날의 건물 자동화 시스템은 고효율의 기계적 시스템 이외에도 에너지 비용에 따른 실시간 세세한 제어를 가능하게 하고 있다. 현대적인 자동화 시스템의 또 다른 이점은 원격 감시 제어 능력이다. 이는 중앙 감시 시스템을 통해 실행되기도 하는데, 이들 중앙 감시 센터는 알람이나 리포트등과 같은 기본 서비스에서부터 원격진단/수리와 같은 보다 진보된 서비스까지 제공한다. 또한 원거리에서도 현장의 일부 문제들을 해결할 수 있기 때문에 기술진을 파견하는데 드는 비용들을 줄일 수 있다. 기술진이 현장을 방문하는 경우에도 현장 정보를 미리 파악하여 신속하게 대응하게 하여 시스템 다운타임을 방지하게 한다. 대부분의 기술 제품들이 그러하듯이 건물 자동화 시스템도 비용은 낮추면서 더 많은 서비스를 제공하게 되었다. 현재 사용되고 있는 대부분의 자동화 시스템은 개방형 커뮤니케이션 프로토콜을 통해 서로 다른 시스템간 통합 기능을 제공할 뿐만 아니라 향후 호환성의 문제도 완화할 수 있다.

최근 몇 년 동안, 첨단 건물 자동화 시스템은 뛰어나고 신뢰성이 높은 무선 기술의 진보로 신축 건물에 상당한 경제적 이점을 제공하였고 이는 대부분 기존 시스템의 개보수에도 적용되고 있다. 각종 센서 및 제어 기술의 발전은 더 뛰어난 빌딩 제어와 시스템 통합을 이루도록 하였다. 설비 관리자는 휴대용 PC로 데이터를 원격으로 확인하며 신속한 대응 및 보수를 할 수 있게 되었다. HVAC 기술의 발전은 건물의 쾌적함과 유연성을 개선하는 동시에 건물의 에너지 소비를 줄이고 있다.

## 5. 건물 운영 및 유지보수

이론상 고효율 건물은 건물의 수명 주기 전반에 걸쳐 효율적이고 최적의 결과를 이루도록 운영되어야 한다. 이는 안정적인 운영과 함께 지속적인 유지보수가 설계상의 효율성과 성능을 달성하는데 매우 중요하다는 것을 의미한다. 또한 고효율 건물은 시간에 따라 변화하는 기업 및 입주자의 요구를 충족하기 위해 지속적으로 업그레이드 되고 현대화되어야 한다. 과거 10년 동안 우리는 건물 유지보수에 대한 접근 방법에서 수동적인 대응에서 선행적인 대응으로 상당 부분 발전하였다. 그리고 이제 기업들은 예방 차원의 서비스 대응 방법을 채택하고 있는데 현재 사용 가능한 도구와 기술은 이러한 발전을 가능하게 한다. 사전 예방 차원의 유지 보수 도구들은 향후 문제와 효율성을 개선하고 추이 데이터를 수집하는 장기적인 솔루션이 되고 있다. 다음 진단 및 테스트 도구들은 현재에도 이용이 가능한 것들이다.

**적외선 온도 감지기는** 물체 표면의 온도변화를 보여주는 시각적 정보를 제공한다. 또한 잠재적으로 장비의 기능이나 성능을 저하시키는 조건이나 스트레스 요인을 감지한다. 예를 들어, 서비스 기술자는 적외선 온도 감지기를 사용하여 배관 장치의 건물 외부 열 손실/이득을 감지한다. 이를 통해 에너지가 낭비되고 있거나 통제되지 못하고 있는 운전 비용요소를 찾아 낼 수 있다.

**초음파 분석**은 유체나 진공의 누수, 마모 및 스팀 트랩 등과 관련된 문제를 확인해 준다. 초음파는 단순하면서도 저렴한 분석 기술로서 보일러, 콘덴서, 열 교환기, 배관, 밸브, 팬, 컴프레서, 펌프 등 장비에 대한 뛰어난 진단 정보를 제공한다.

**진동 변환기**는 장비 구동이 거칠거나 부드러운지 확인하여 관리

자로 하여금 장비의 상태를 확인할 수 있게 한다. 진동 감시와 분석을 통해 정합 불량, 로터 마모, 작동 불안정성 등 회전성 장비의 많은 문제들이 진단된다.

## 6. '스마트' 빌딩 기술

마지막으로 지능형 장비 및 서비스, 원격 감시와 같이 건물이 거의 무인 운전되는 수준의 첨단 기술들이 있다. **스마트 장비와 스마트 서비스**는 건물의 센서, 제어 시스템, 그리고 기술들을 조합하여 사전에 미리 프로그램화된 조건에 따라 건물이 운영되게 하는 것이다. 예를 들어 자주 사용하지 않는 큰 당당이 있는 건물을 생각해보자. 사용자가 없을 경우 이산화탄소 센서는 낮은 수치를 감지하여 냉난방 공조 시스템 운전을 차단하고, 움직임 감지 센서는 조명장치를 끌 수 있다.

또 다른 예로, HVAC 제어 장치를 통해 장비의 성능을 감시하도록 설정하는 것이다. 장비의 과도한 진동 수준이나 부하가 떨어지는 것을 사전에 감지하여 운전 정지 및 장비 공장을 예방한다. **자가진단 및 자가 수리**의 경우 시스템이나 장비가 스스로 문제를 진단하여 필요한 서비스를 자동 실행하는, 거의 영화에서나 볼 수 있는 고차원적 기술이지만 현재 가용한 기술이다. 이를 통해 건물의 성능을 높은 수준으로 유지하고 관리자들과의 생산성을 개선할 수 있다.

고효율 건물의 꾸준한 성장은 이와 같은 기술은 물론 더 진보적인 능력을 더욱 발전시킨다. 이러한 고효율 기술은 현재뿐 아니라 미래에서도 관련 제도 및 친환경 건물 보급을 위한 인센티브 프로그램과 맞물려 더욱 발달될 것이다. 미 그린 빌딩 협회는 LEED 그린 빌딩 인증이 2010년까지 10만개 상업건물과 1백만 가정에 이를 것으로 예측하고 있다. 동시에 건물 관리자들도 더 높은 효율성과 성능을 건물에 제공하는 더 뛰어난 기술의 출현을 보게 될 것이다.

(\*본 기사는 (Facilities Engineering Journal) 2010년 2월호에 실린 내용으로 트레인 코리아에 의해 번역, 게재되었음을 알려드립니다)